

Lise Öğrencilerinin Atom ile İlgili Zihinsel Modellerinin Ders Kitaplarındaki Görseller ile Karşılaştırılması

A comparison of high school students' mental models on atom and textbook visualizations

Zeynep YASEEN¹Sevil AKAYGUN²

Başvuru Tarihi: 27.05.2016

Yayına Kabul Tarihi: 07.09.2016

DOI: 10.21764/efd.39536

Özet: Öğrenciler için gözde canlandırması zor bir kavram olan atomun yapısının ve tarihsel süreç içerisinde atom modellerinin gelişiminin öğretiminde başta ders kitaplarında yer alan görseller olmak üzere çeşitli gösterimlerden yararlanılmaktadır. Kimi zaman öğrencilerin bu gösterimlerden bazılarını daha fazla içselleştirdikleri gözlemlenmektedir. Bu çalışmanın amacı, lise 9, 10 ve 11. sınıf öğrencilerinin atomun yapısı ile ilgili zihinsel modellerini incelemek ve önceki yıllarda ders kitaplarında görmüş olabilecekleri atom modeli gösterimleri ile karşılaştırmaktır. Çalışmaya, benzer özelliklere sahip üç liseden 90 öğrenci katılmıştır. Öğrencilerin zihinsel modellerini belirlemek amacıyla toplam 4 tane açık-uçlu soru içeren Zihinsel Model Atom Testi uygulanmıştır. Öğrencilerin zihinsel modelleri 6., 7. ve 8. sınıf fen ve teknoloji ders kitapları ile 9. ve 10. sınıf lise kimya ders kitaplarında yer alan toplam 507 atom modeli gösterimi, Atom Gösterimleri Değerlendirme Anahtarı ile değerlendirilmiş ve gösterimler Ki-kare analizi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, öğrenci çizimleri ve öğrencilerin kendi sınıf seviyelerinde ve daha önceki yıllarda kullanmış oldukları ders kitaplarındaki atom modeli görselleri arasında istatistiksel olarak uyum ($p < 0.01$) bulunmamıştır. Ayrıca, öğrenciler arasında en çok tercih edilen gösterim Bohr atom modeli iken, sınıf seviyesi ilerledikçe öğrencilerin kendi sentetik modellerinin kullanımının arttığı ve çok az sayıda öğrencinin atom modeli gösterimlerine atomun hareketli yapısını ortaya koyan unsurları dahil ettiği gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: *Atom modelleri, zihinsel model, ders kitabı, görseller.*

Abstract: Various representations, particularly textbook visualizations, have been used to teach historical development and the structure of atom which is challenging for students to visualize. Sometimes, students might internalize some of these visualizations more than others. The aim of this study is to elicit grade 9, 10, 11 students' mental models on atom and to compare them with the textbook visualizations that they had probably seen previously. Ninety students from high schools with similar characteristics participated in this study. To elicit the mental models of students, Mental Models Test of Atom which includes 4 open-ended questions was implemented. Mental models of students and a total of 507 visualizations found in science textbooks of grade 6, 7, 8, 9 and 10 were first analyzed with the Atomic Model Evaluation Rubric, and then compared with each other by Chi-square analysis. The results revealed no significant consistency ($p=0.000$) between the mental models of students and the textbook visualizations. The qualitative analysis of students' mental models showed that Bohr atomic model was the most preferred representation; an increase in the percentage of students who used synthetic representations as the grade level increases, and inclusion of dynamic features in the structure of atom.

Keywords: *Atomic models, mental models, textbook, visualizations.*

Giriş

Maddenin 'yapı taşı' olan atom, kimya öğretiminin de temelini oluşturan en önemli kavramlardan biridir (Ben-Zvi, Eylon ve Silberstein, 1986). Öğrenciler, atom konusu ile medya aracılığı ile çok küçük yaşta tanışmakta (Johnstone, 1990); ardından fen derslerinde, ortaokuldan itibaren (MEB, 2008, 2013), farklı atom modellerini öğrenmektedirler. Ancak, atomun yapısı, öğrencilerin anlamakta zorluk yaşadıkları kavramlardan biridir (Harrison ve Treagust, 1996).

¹ Sidney Teknoloji Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

² Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü.

Öğrencilerin kavramları zihinlerinde nasıl canlandırdıkları, ortam ile etkileşim, algı veya deneyimleri sonucunda oluşturdukları *zihinsel modelleri* (Craik, 1943) sayesinde incelenmektedir. Zihinsel modeller, öğrencilerin genellikle kağıt üzerinde ortaya koydukları gösterimler olması nedeniyle, *ortaya konulan zihinsel modeller* olarak da isimlendirilmektedir (Gilbert, 1997). Öte yandan, öğrencilerin zihinsel modelleri çoğu zaman bilimsel modeller ile örtüşmemektedir (Osborne ve Cosgrove, 1983).

Yapılan araştırmalar, farklı yaş gruplarındaki öğrencilerin atom konusunda farklı zihinsel modellere sahip olduklarını göstermektedir (Papageorgiou, Angelos ve Zarkadis, 2016). Zihinsel modellerin ortaya çıkarılmasında sıklıkla çizim yöntemine başvurulmaktadır. Çünkü çizim yöntemiyle öğrenciler bir kavram veya durum hakkındaki anlama düzeylerini hiçbir sınırlama olmaksızın ortaya koyabilmektedirler (Özmen, 2005). Atom ile ilgili zihinsel modellerin, hem sembolik gösterimlerin hem de tarihsel süreçte ortaya koyulan atom modellerinin izlerini taşıdığı gözlenmiştir (Özgür ve Bostan, 2007). Örneğin, kimi öğrenciler için atom, tıpkı Dalton'un ortaya koyduğu gibi, sert, katı, küresel bir tanecik (Harrison ve Treagust, 1996); kimileri için Rutherford'un atom modeline benzer (Akyol, 2009); kimi öğrenciler için ise, Bohr'un öne sürdüğü gibi Güneş Sistemi'ne benzer bir sistemdir (Cokelez, 2012; Nakiboğlu, 2003; Tsaparlis ve Papaphotis, 2009).

Ülkemiz (MEB, 2008, 2013) de dahil olmak üzere çoğu ülkede öğrenciler, atom kavramını ortaokul fen bilimleri derslerinde (12-16 yaş arası) öğrenmektedir (Taber, 2003). Taber, öğrencilerin bilimsel modeller ile çelişen zihinsel modellere sahip olmalarını, *öğretim programlarında yer alan atom modellerine* bağlayarak, öğrencilerin zihinsel modellerini fen öğrenimleri sırasında geliştirdiklerini öne sürmektedir. Taber'a göre öğrenciler, bilimsel modeller ile uyumlu zihinsel modeller yerine öğretim programının kazanımlarına uygun veya öğretmenlerinin zihnindeki modeller ile benzeşen modeller geliştirmektedirler. Buna paralel olarak ders kitaplarında yer alan modellerin de öğrencilerin zihinsel modellerinin oluşmasında etkili olduğuna değinmektedir.

Ders Kitaplarında Yer Alan Görsel Öğeler

Ders kitapları, fen öğretiminin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (Chiappetta ve Fillman, 2007; Nakiboğlu, 2009; Nyachwaya ve Wood, 2014). Çoğu öğretmen ise ders kitaplarının içeriğine göre derslerini planlamaktadırlar (Sánchez ve Valcárcel, 1999). Öğrenciler de kitapları hem bilgi kaynağı olarak görmekte hem de kitaplardaki araştırmalar ile bilgilerini derinleştirmektedirler (Nakiboğlu, 2009). Fen bilimleri öğreniminde önemli rol oynayan görsel öğelere, fen bilimleri ders kitaplarında sıklıkla yer verilmektedir (Nyachwaya ve Wood, 2014). Öğrencilerin soyut veya gözle görülemeyen kavramları anlamakta zorluk yaşadıkları bilinmekte (Ben-Zvi, vd., 1986;); bu nedenle kitaplarda yer alan, bu kavramların anlatımında kullanılan görseller daha fazla önem kazanmaktadır (Kress ve van Leeuwen, 1996). Bu bağlamda, görsel gösterim içeren ders kitaplarının öğrencilerin kavramları anlamalarını kolaylaştıracağı (Nyachwaya ve Wood, 2014; Reid, 1990) öne sürülmektedir.

Ders kitaplarının eğitim ve öğretimin önemli bir parçası olduğu düşünüldüğünde öğretmenlerin kitaplar hakkındaki görüşleri önem kazanmaktadır. Alan yazında ulaşılan çalışmalar arasında ülkemizde okutulan kimya ders kitaplarını genellikle öğretmenlerin (Morgil ve Yılmaz, 1999; Nakiboğlu, 2009; Eroğlu, v.d., 2015), öğrencilerin (Morgil ve Yılmaz, 1999) veya öğretmen adaylarının (Uzuntiryaki ve Boz, 2006) içerik ve kullanımları bakımından değerlendirmeleri vasıtasıyla inceleyen çalışmalar belirlenmiştir. Bu çalışmaların bazılarında öğretmenler ders kitaplarında yer alan görsel öğeleri de değerlendirmişlerdir. Lise 9-12. sınıf kimya ders kitaplarının 38 kimya öğretmeni tarafından değerlendirildiği nicel bir çalışmada (Eroğlu, v.d. 2015) içerik, görsel tasarım, dil ve anlatım, organizasyon, ölçme ve değerlendirme, pedagojik yaklaşım ve etkinlik ve deneyler kısımlarını içeren "Kimya Ders Kitabı Değerlendirme Ölçeği" kullanılmış ve iki

öğretmen ile bireysel görüşmeler yapılmıştır. Öğretmenler kitaplarda yer alan görselleri, *tasarım ilkelerine uygunluk, öğrencilerin bilişsel gelişimlerine uygunluk, görsellere ilişkin başlık ve açıklamaların bulunması ve görsellerin bilimsel açıdan doğru ve güncel olmaları* olmak üzere 4 açıdan değerlendirmişlerdir. Yazarlar, öğretmenlerin ders kitabını görseller açısından yeterli bulmadıklarını belirtirken öğretmenlerden birinin ise, atom konusu gibi öğrenciler tarafından anlaşılması zor olan 'soyut' kavramlar için daha fazla görsellere ihtiyaç duyulduğunu dile getirdiğinden bahsetmişlerdir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda (Gkitzia vd., 2011; Kabapınar 2003; Kapıcı ve Savaşçı-Açıkalın, 2015; Nyachwaya ve Wood, 2014; Özay ve Hasenekoğlu, 2007) fen bilimleri ders kitaplarında yer alan görseller araştırmacılar tarafından çeşitli açılardan analiz edilmiştir. Özay ve Hasenekoğlu (2007), 11. sınıflarda okutulan biyoloji ders kitabında yer alan görsel öğelerin birbirleri ile uyumu ve arka arkaya yerleştirilen resimlerdeki hareket unsurunu incelemişlerdir. Yazarlar, incelenen kitabın görsel tasarım yönünden bazı uyumsuzluklara sahip olduğunu belirtirken ders kitabı analizleri ile, öğrencilerde oluşmuş olabilecek kavram yanlışlarının kaynaklarının da ortaya çıkarılabileceğini öne sürmektedirler.

Onbiri İngiltere'de, onüçü Türkiye'de okutulan toplam 24 fen bilgisi ve kimya ders kitabında bulunan görsel öğeleri oluşturmacı öğrenme yaklaşımlarını yansıtılmaları açısından karşılaştıran Kabapınar (2003), açıklama içeren görsel öğelerin, İngiliz ders kitaplarında daha fazla yer aldığını, Türk ders kitaplarında ise gözlemlenir düzeyde açıklama içeren görsel öğelerin, tanecik düzeyinde görsel benzetmelerin, süreç-aşamalı resimlerin ve kavramsal sorgulama içeren görsel öğelerin bulunmadığını belirtmiştir. Ayrıca, Kabapınar, kimya kavramlarının pek çoğunun süreç barındıran olaylar olmasına rağmen, Türk ders kitaplarındaki görsellerin bilimsel olayların ya tek karede veya sadece başlangıç ve sonuç karelerini resmetmekte olduğunu; bu durumun ise öğrencilerin bilimsel olayları yeteri kadar somutlaştıramamasına, kavramların yüzeysel veya yanlış öğrenilmesine sebep olabileceğini belirtmiştir.

Gkitzia vd. (2011) Yunanistan'da yayınlanmış olan 5 adet 10. sınıf kimya kitabında yer alan görselleri beş açıdan analiz ederek bir analiz anahtarı (rubrik) ortaya çıkarmışlardır. Yazarlar, görselleri gösterimin türü, yüzeysel özelliklerin yorumlanması, metin ile ilişkileri, alt yazıların özellikleri ve çoklu gösterimler arasındaki ilişki açılarından incelemişlerdir. Analizleri sonucunda, kitaplardaki görsellerin en fazla (%91.7) çoklu gösterim içerdiğini belirtmişlerdir. Gkitzia vd. (2011) tarafından geliştirilmiş olan analiz anahtarı sonraları başka araştırmacılar (Nyachwaya ve Wood, 2014; Kapıcı ve Savaşçı-Açıkalın, (2015) tarafından da kullanılmıştır. Nyachwaya ve Wood (2014), Amerika Birleşik Devletleri'nde en fazla tercih edilen 12 adet kimya kitabında yer alan görselleri incelemişler ve bu gösterimlerin büyük çoğunluğunun (%85) sembolik düzeyde olduğunu ve geri kalan %15'inin ise gözlemlenebilir, tanecik ve çoklu gösterim olduğunu saptamışlardır. Benzer bir analizi Türkiye'de yürüten Kapıcı ve Savaşçı-Açıkalın (2015) ise, ortaokul fen bilimleri ders kitaplarında yer alan 825 adet, maddenin tanecikli yapısını betimleyen görseli inceledikleri çalışmalarında, gösterimlerin çoğunluğunun (%36) gözlemlenebilir düzeyde, %23'ünün tanecik düzeyinde, %11'inin sembolik, %23'ünün çoklu gösterim içerdiğini, %7'sinin ise sentez veya karışık gösterim olduğunu belirtmişlerdir. Alan yazında erişilebilen çalışmalar arasında belirli bir konu için veya kimya ders kitaplarındaki görsellerin tamamını derinlemesine inceleyen sınırlı sayıda çalışmaya (Kabapınar, 2003; Gkitzia, v.d., 2011) rastlanmış olması nedeniyle araştırmanın bu açıdan bir boşluğu dolduracağı öne sürülebilir.

Çalışmanın yapıldığı 2011-2012 öğretim yılında, atom konusunun ilk kez ortaokul 6. sınıf fen ve teknoloji öğretim programında yer aldığı ve daha sonra lise 9. ve 11. sınıf kimya öğretim programında öğrenildiği düşünülürse; öğrencilerin yıllar içerisinde ders kitaplarında farklı atom modeli gösterimlerini gördükleri ve belki de bu gösterimleri içselleştirdikleri beklenebilir. Bu nedenle, öğrencilerin ortaya koydukları zihinsel modelleri ve ders kitabı gösterimlerinin karşılaştırılması gündeme gelmektedir. Her ne kadar çalışma 2011-

2012 öğretim yılında yapılmış olsa da atom konusu kimyanın temel konularından biri olarak önemini korumaktadır. Atomun yapısı konusu 2011-2012 öğretim yılında yürürlükte olan fen ve teknoloji dersi öğretim programında 6., 7. ve 8. sınıflarda; aynı yıl yürürlükte olan kimya öğretim programında ise 9., ve 10. sınıflarda değişilmekteydi. Konuların sıralaması 2013 yılında güncellenen öğretim programlarında biraz değişirken, atomun yapısı ve ilişkili kavramlara fen bilimleri öğretim programında 7. ve 8. sınıflarda yer verilmekte; kimya öğretim programında ise atom konusu 9. ve 11. sınıflarda derinlemesine işlenirken, 10. ve 12. sınıflarda ise bazı konular ile ilişkilendirilmekte olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, çalışmada toplanan veri 5 yıl önce toplanmış olsa da günümüzde hala güncelliğini korumakta olduğu; öğretim programları güncellense bile önümüzdeki yıllarda da bu durumun devam edeceği, atom konusunun her zaman tüm fen bilimleri ve kimya öğretim programlarında yer alacağı ve çalışmanın geçerliliğini koruyacağı ön görülmektedir.

Amaç

Daha önce yapılan çalışmalarda farklı sınıf seviyesindeki öğrencilerin atom konusundaki zihinsel modelleri ve ders kitaplarında yer alan tanecik gösterimleri incelenmiştir. Öğrencilerin zihinlerinde canlandırdıkları atom modeli gösterimleri ve ders kitaplarında görmüş olabilecekleri atom modeli gösterimlerinin benzerlik gösterip göstermediği ise erişilebilien çalışmalar arasında yer almamaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın özgün değeri, öğrencilerin çizim ile ortaya koydukları atom konusundaki zihinsel modelleri ile buldukları sınıf seviyesine kadar görmüş oldukları ders kitaplarında yer alan atom modeli gösterimlerinin karşılaştırılarak, zihinsel model ve kitap gösterimleri arasında benzerlik olup olmadığının araştırılmasıdır. Bu noktadan hareketle, çalışma, hem öğrencilerin zihinsel modellerinin ortaya çıkarılmasını, hem ders kitaplarında yer alan gösterimlerin analizini, hem de bu ikisinin karşılaştırılmasını gerektirmiştir.

Araştırma üç temel sorudan oluşmaktadır:

1. Öğrencilerin zihinsel modelleri atomun yapısıyla ilgili hangi özellikleri içermektedir?
2. Altıncı., yedinci ve sekizinci sınıf fen ve teknoloji ders kitapları ile dokuzuncu, onuncu ve 11. sınıf kimya ders kitaplarında yer alan atom modeli görselleri atomun yapısı ile ilgili hangi özellikleri içermektedir?
3. Öğrencilerin zihinsel modelleri ve ders kitaplarında yer alan atom modeli görselleri anlamlı ölçüde birbirinden farklılık göstermekte midir?

Yöntem

Bu çalışma üç temel bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki, öğrencilerin zihinsel modellerinin belirlenmesi, ikincisi 6-8. sınıf fen ve teknoloji ile 9-10. sınıf kimya ders kitaplarındaki atom modelleriyle ilgili görsellerin analizi ve son aşama ise öğrencilerin zihinsel modellerinin ders kitaplarındaki görsellerle karşılaştırılmasıdır. Bu çalışma sayesinde lise seviyesindeki öğrencilerin zihinsel modelleri ortaya çıkarılıp ders kitaplarındaki görsellerle karşılaştırılmıştır.

Araştırma Deseni

Bu araştırma, nicel betimsel yönetime dayanmaktadır. Betimsel yöntemde amaç verileri tanımlama ve araştırmadaki örneklemin özelliklerini belirlemektir. Betimsel çalışmalar grupları tanımlar, karşılaştırır, analiz eder, gruplardaki ve alt gruplardaki çeşitli farklılaşmaları inceler (Cohen, Manion ve Morrison 2011). Bu araştırmadaki veri öğrencilerden belli bir zaman diliminde bir kerede toplandığı ve örnekleme ait alt grupları tanımladığı için betimleyici kesitsel bir çalışmadır (Gay, vd., 2014).

Çalışma Grubu

Çalışmaya 2011-2012 öğretim yılının ilk döneminde İstanbul'un benzer özelliklere sahip iki semtinde yer alan üç farklı lisede öğrenim görmekte olan 90 öğrenci katılmıştır. Çalışmaya her sınıf seviyesinden (9., 10. ve 11. sınıflar) 30'ar öğrenci katılırken bu öğrencilerin %55'ini kız öğrenciler oluşturmuştur. Örneklem seçiminde, araştırmacıların kolay erişim sağlayabilmeleri düşünülerek uygunluk örnekleminin kullanılması tercih edilmiştir (Baki ve Gökçek, 2012). Öğrenciler liseye giriş sınavı sonuçlarına göre homojen bir yapı oluşturmaktadırlar ve öğrencilerin aileleri sosyoekonomik olarak orta ve alt seviyede yer almaktadır. Birinci okuldan 52, ikinci okuldan 20 ve üçüncü okuldan 18 öğrenci araştırmada yer almıştır. Araştırma uygulanmadan önce 9. sınıf öğrencileri atom ünitesini bitirmiş olup, 10. sınıf öğrencileri araştırma sonrasında atom ünitesine geçmişlerdir. 2011-2012 öğretim yılında yürürlükte olan kimya öğretim programında atom konusunun, 11. sınıf kimya öğretim programında yer almaması nedeniyle 11. sınıf öğrencilerinin atom konusunu daha önceki yıllarda öğrenmiş oldukları düşünülerek araştırma yürütülmüştür. Araştırmanın okullarda yapılabilmesi için İstanbul İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden resmi izin alınmıştır.

Ders Kitapları

Ortaokul fen ve teknoloji ile lise kimya ders kitapları araştırmanın diğer çalışma grubunu oluşturmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü okullarda, Milli Eğitim Bakanlığı tarafından onaylanmış ders kitapları kullanılmıştır. 2011-2012 öğretim yılında yürürlükte olan kimya öğretim programında, 11. ve 12. sınıf ders kitaplarında atom konusu yer almadığı için bu seviyelerdeki ders kitapları örnekleme dahil edilmemiştir. Araştırmada tüm ders kitaplarında yer alan toplam 507 tane atom ile ilgili görsel incelenerek analiz edilmiştir.

Çalışmanın yapıldığı 2011-2012 öğretim yılında, atom konusu ilk olarak altıncı sınıf ders kitabının üçüncü ünitesinde, 'Maddenin Yapısı' yer almaktadır. Yedinci sınıf ders kitabında, dördüncü ünite 'Maddenin Yapısı ve Özellikleri', sekizinci sınıf ders kitabındaysa üçüncü ünite olan 'Maddenin Yapısı ve Özellikleri' ünitesinin içerisinde bulunmaktadır. Dokuzuncu sınıf kimya ders kitabında, ikinci ünite olan 'Bileşikler' ünitesinde, atomun yapısı yer almaktadır. Onuncu sınıf kimya ders kitabının ilk ünitesi ise Kuantum Teorisini anlatan 'Atomun yapısı' ünitesidir. 11. sınıf ders kitabında atom ile ilgili herhangi bir ünite yer almaması nedeniyle 11. sınıf kimya ders kitabı analiz edilmemiştir. Ders kitaplarında yer alan atom konusu ile ilgili görsellerin sayıları ve yüzdeler dağılımları aşağıda verilen Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo1. *Ders Kitaplarında Yer Alan Görsellerin Sayıları Ve Yüzdeler Dağılımları.*

Kitabın sınıf seviyesi	Atom ile ilgili görsel sayısı	Atom ile ilgili görsel yüzdesi
6	88	% 17.0
7	87	% 16.6
8	72	% 14.3
9	145	% 29.7
10	115	% 22.5
Toplam	507	% 100

Veri Toplama Araçları

Zihinsel model atom testi (ZMAT)

Araştırmada lise öğrencilerinin atomun yapısı hakkındaki zihinsel modellerinin belirlenmesi amacıyla araştırmacılar tarafından hazırlanan Zihinsel Model Atom Testi (ZMAT) kullanılmıştır. Açık-uçlu dört soru içerik ve uygulanması 15-20 dakika süren ZMAT literatürde yer alan araştırmalar (Akyol, 2009; Harrison ve Treagust, 1996; Karagöz ve Arslan, 2012; Taber, 2003 göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Testin içerik geçerliliği, bir kimya profesörü, iki kimya eğitimi profesörü ve bir lise kimya öğretmeni olmak üzere toplam dört uzmanın içerik onaylaması ile sağlanmıştır. ZMAT'de yer alan birinci ve üçüncü sorular öğrencilerin çizimlerine dayalı olup Sodyum ve Neon atomlarının yapılarının çizilmesi istenmiştir. Sodyum atomunun seçilme nedeni bütün ders kitaplarında yer alan öğrencilerin tanıdıkları bir atom olmasıdır. Neon atomu ise soy gaz olması nedeniyle ve genellikle ders kitaplarında yapısının yer almaması nedeniyle seçilmiştir. İkinci ve dördüncü soruda ise öğrencilerden birinci ve üçüncü sorularda çizmiş oldukları atomların yapılarını açıklamaları istenmiştir. Açıklamalar öğrencilerin çizimlerindeki kavramları doğrulamak amacıyla sorulmuştur.

Atom gösterimleri değerlendirme anahtarı (AGDA)

Hem öğrencilerin zihinsel modelleri, hem de ders kitaplarında yer alan görsellerin değerlendirilmesinde kullanılan, Şekil 1'de verilen, AGDA, araştırmacılar tarafından literatürde yer alan çalışmalar (Akyol 2009; Karagöz ve Arslan, 2012) ışığında atom gösterimlerinin içerebileceği *altı kritere* göre hazırlanmıştır.

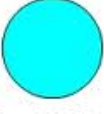
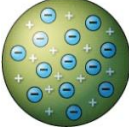
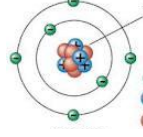
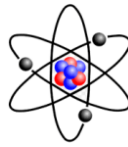
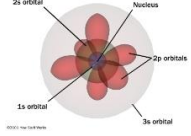
AGDA'da yer alan ilk kriter olan *Atom Modeli Türü*, atom gösteriminin hangi atom modeline benzediği ile ilgilidir. *İkinci kriter* ise atomaltı tanecikleri olan proton, elektron ve nötronun konumu, yükü ve hangi şekilde gösterildiğiyle ilgilidir. Taneciklerin konumu çekirdekte, orbitalde veya diğer olmak üzere üç alt kategoride sınıflandırılmıştır. Taneciklerin yükü +, -, veya 0 diye sınıflandırılırken, hangi şekilde gösterildiği de nokta, çizgi, yük sembolü veya sadece kelimeyle olarak sınıflandırıldı. *Üçüncü kriter* iyon yükünün gösterilip gösterilmediğiyle ilgili olup *dördüncü kriter* orbitallerin hangi şekilde gösterildiğini veya gösterilip gösterilmediğini belirtmektedir. Orbital şekilleri de altı alt kategoride şekillenmiştir: düz daire, noktalı daire, yarım daire, eliptik, bulutsal ve orbital gösterimleri olarak belirlenmiştir. *Beşinci kriter* ise çekirdeğin, şekli, yükü ve içeriği ile ilgilidir. Çekirdeğin şekli de dairesel veya dairesel olmayan olmak üzere iki kategoride belirlendi. Çekirdeğin içeriği ise proton, nötron ve elektron olmak üzere üç alt kategoride incelenmiştir. *Altıncı kriter* ise çizimlerde veya görsellerde hareketin içerip içermediğidir.

Verilerin Çözümlemesi

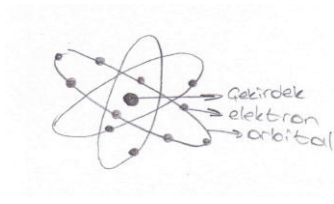
Tüm öğrencilerin atom ile ilgili zihinsel modelleri ve ders kitaplarındaki atom ile ilgili tüm gösterimler AGDA kullanılarak kodlanmıştır. Öğrencilerin zihinsel modelleri için örnek bir kodlama Şekil 2'de görülmektedir.

Şekil 2. (a)'da görülen, bir 10.sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu Sodyum atomu gösterimi, AGDA'daki birinci kritere göre öğrencinin zihinsel modelindeki atom modeli gösterimi Rutherford atom modeline benzemektedir. İkinci kriterlere göre, öğrenci çiziminde proton ve nötronu göstermemiştir. Elektronlar için ise herhangi bir yük göstermemiştir. Atomaltı taneciklerin konumlarına gelince elektronları orbitalde nokta şeklinde göstermiştir. Üçüncü kriter olan iyon yükü bu öğrenci tarafından gösterilmemiştir. Dördüncü kriter olan orbitallerin şekilleri için farklı konumlarda elips şeklinde çizilmiştir. Beşinci kriter olan çekirdek ise yüksüz olarak atomun merkezinde dairesel olarak gösterilmiştir. Altıncı kriter olan hareket ise hiç bir şekilde çizimde gösterilmemiştir.

Araştırmada AGDA'nın güvenilirliğini sağlamak için öğrencilerin atom ile ilgili zihinsel modelleri ve ders kitabı görsellerinin % 20'si bir kimya öğretmeni tarafından kodlanmıştır. İki gözlemcinin puanlama sonuçları birbirleriyle %96 uyumlu cevaplar verdiğini göstermiştir.

Kriter Teması	Kriter İçeriği														
1. Atom modeli türü	Dalton				Thomson				Bohr						
															
2. Atomaltı tanecikleri	Rutherford				Kuantum (Modern)				Lewis		Sentetik				
									:Cl·		Birden fazla modelin özelliğini içeren model				
3. İyon yükü gösterimi	Proton				Nötron				Elektron						
	Yük	Yer	Simge	Yok	Yük	Yer	Simge	Yok	Yük	Yer	Simge	Yok			
4. Yörünge gösterimi	Gösterilmiş						Gösterilmemiş								
	Sembolden farklı						Sembol ile								
5. Atom çekirdeği gösterimi	Düz daire		Noktalı daire		Yarım daire		Eliptik		Bulutsal		s, p, d ile				
	Şekli		Yükü		İçeriği		Dairesel		Dairesel değil		+	-	0	p	n
6. Hareket gösterimi	Gösterilmiş						Gösterilmemiş								
	Çizim ile						Yazı ile								

Şekil 1: Atom Gösterimleri Değerlendirme Anahtarının (AGDA) içerdiği kriterler.



(a)

Kriter Teması	Kriter İçeriği															
1. Atom modeli türü	Dalton			Thomson				Bohr								
	Rutherford			Kuantum (Modern)				Lewis		Sentetik						
2. Atomaltı tanecikler	Proton			Nötron				Elektron								
	Yük	Yer	Simg	Yok	Yük	Yer	Simg	Yok	Yük	Yer	Simg	Yok				
3. İyon yükü gösterimi	Gösterilmiş						Gösterilmemiş									
	Sembolden farklı						Sembol ile									
4. Yörünge gösterimi	Düz daire			Noktalı daire			Yarım daire		Eliptik		Bulutsal		s, p, d ile			
	Şekli			Yükü			İçeriği									
5. Atom çekirdeği gösterimi	Dairesel			Dairesel değil			+		-		0		p		n	e
	Çizim ile			Yazı ile												
6. Hareket gösterimi	Gösterilmiş						Gösterilmemiş									
	Çizim ile						Yazı ile									

(b)

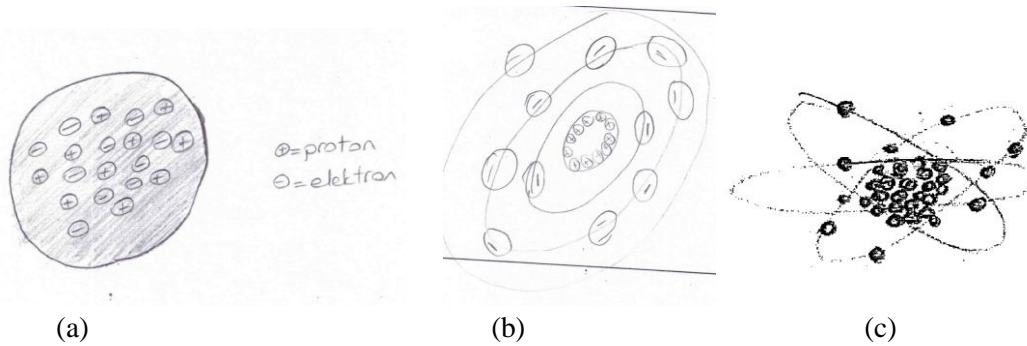
Şekil 2: (a) Bir 10.sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu Sodyum atomu gösterimi, (b) Öğrenci çiziminin AGDA'ya göre kodlanması.

Bulgular

1. Aşama: Öğrencilerin Atom Konusu İle İlgili Zihinsel Modelleri

Zihinsel modellerdeki atom modeli türü

Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin atom modeli çizimleri incelendiğinde, bir öğrencinin sentetik model çizimi dışında, öğrencilerin hepsi Bohr atom modelini çizmiştir. Onuncu sınıf öğrencilerinin de büyük çoğunluğu (%77) Bohr atom modelini çizerken, %10'u sentetik model yaratmış olup, %7'si Rutherford atom modelini, %3'ü Kuantum atom modelini ve %3'ü de Thomson modelini kullanmıştır. Onbirinci sınıf öğrencilerinde ise öğrencilerin %60'ı Bohr atom modelini tercih ederken, %20'si Rutherford ve diğer %20'si de birden fazla atom modelinin özelliklerinin kullanımıyla kendilerine özgü, sentetik modeli, çizimlerinde kullanmışlardır. Farklı sınıflardaki öğrencilerin zihinsel modellerinde betimlediği atom modeli türlerine bazı örnekler Şekil 3'de görülmektedir.



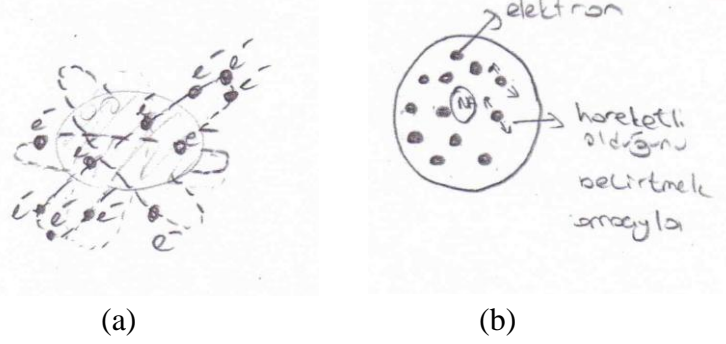
Şekil 3: (a) Bir 10. sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu Thomson atom modeli gösterimi, (b) Bir 9. sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu Bohr atom modeli gösterimi, (c) Bir 11. sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu Rutherford atom modeli gösterimi.

Tablo 2'de görüldüğü üzere öğrencilerin tümü düşünüldüğünde, hiç bir öğrenci Dalton modelini çiziminde göstermemiştir. Bütün öğrencilerin sadece %1'i ise Kuantum atom modelini çizimlerinde kullanmıştır.

Tablo 2. Zihinsel Modellerindeki Atom Modeli Türü Gösterim Yüzdeleri.

Sınıf	N	Dalton Modeli	Thomson Modeli	Rutherford Modeli	Bohr Modeli	Kuantum Modeli	Lewis Modeli	Sentetik Model
Öğrenci 9	30	%0	%0	%0	%97	%0	%0	%3
10	30	%0	%3	%7	%77	%3	%0	%10
11	30	%0	%0	%20	%60	%0	%0	%20
Toplam	90	%0	%1	%9	%78	%1	%0	%11

Sentetik atom modellerinin yüzdesi Bohr atom modeli gösteriminden sonra en büyük yüzdeye (%11) sahip gösterim çeşididir. Bu gösterimlere örnekler Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekil 4. (a)'daki gösterimde yörüngeler Rutherford atom modelindeki gibi benzetilmiş olup, yörüngelerdeki eksi yükler Bohr atom modelinden gelmektedir ve çekirdek içerisinde hiç bir tanecik içermeyip artı yüklerle yüklenmemiştir. Bu yüzden bu model Rutherford veya Bohr atom modeli olarak nitelendirilememiştir. Şekil 4. (b)'de görülen model ise Thomson atom modeline benziyor gibi görünse de bir çekirdeğe sahiptir. Ayrıca öğrenci oklar yardımıyla bir hareket olduğunu da göstermiştir ki hareket de Kuantum atom modelinde yer almaktadır. Bu yüzden bu model de hiç bir atom modeli olarak sınıflandırılmamış olup, bir çok modeli birbirine entegre edilmesi sonucu oluştuğu için sentetik model olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 4: (a) Bir 11. sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu sentetik atom modeli gösterimi, (b) Bir 10. sınıf öğrencisinin çizmiş olduğu sentetik atom modeli gösterimi

Zihinsel modellerdeki atomaltı tanecikler

Zihinsel model gösterimlerindeki atomaltı tanecikler; proton, nötron ve elektron, gösterimlerde bulunup bulunmadıklarına, yüklerinin, yerlerinin ve simgelerinin gösterimlerine göre değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, tüm öğrencilerin %42'si protonu çizimlerinde göstermişlerdir. Çizimlerinde protonu gösteren öğrencilerin %95'i de protonu çekirdeğin içinde göstermiştir. Yine bu öğrencilerin %87'si protonun yükünü çizdikleri atom modellerine dahil etmemişlerdir. Ayrıca bu öğrencilerin %13'ü protonu 'p' sembolüyle, %12'si protonu + sembolüyle ve %11'i protonu belirgin daireler şeklinde, %4'ü rakamla ve %2'si de kelimeyle protonu çizimlerinde göstermişlerdir. Öğrencilerin %87'si nötronu çizimlerinde göstermemişlerdir. Nötronu çizimlerinde gösteren öğrencilerin %58'i nötronu 'n' sembolüyle, %25'i kelimeyle ve %17'si nötronu belirgin daireler şeklinde göstermişlerdir. Öte yandan, öğrencilerin %94'ü çizimlerinde elektronu göstermiş, ancak %91'i elektronun yükünü göstermemişlerdir. Öğrencilerin %87'si elektronu noktalar halinde, %7'si ise eksi yük sembolüyle göstermişlerdir.

Zihinsel modellerdeki iyon yükü

ZMAT'de sadece *atom* denilmesine, hiçbir şekilde yükten bahsedilmemesine rağmen, öğrencilerin %3'ü iyon yükünü göstermişlerdir.

Zihinsel modellerdeki yörünge gösterimi

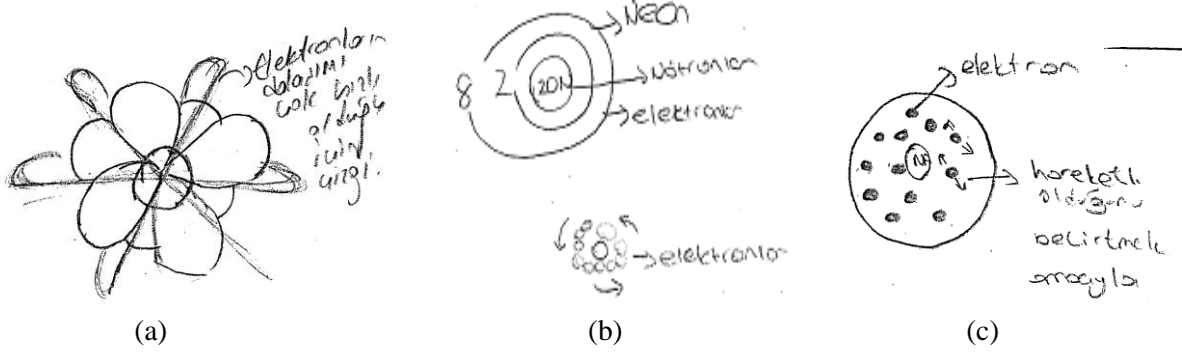
Analiz sonuçlarına göre, dokuzuncu sınıftaki öğrencilerin %92'si yörüngeleri belirgin düz daireler şeklinde, %4'ü noktalı daire ve diğer %4'ü de yarım daire şeklinde göstermiştir. Onuncu sınıf öğrencilerinin ise %73'ü yörüngeleri düz daireler şeklinde, %17'si noktalı daire şeklinde, %5'i elips şeklinde ve %5'i de s, p ve d sembolleriyle göstermiştir. 11. sınıf öğrencilerinin ise %60 yörüngeleri düz daireler şeklinde gösterirken, %10'u noktalı daire ve %30'u da eliptik olarak göstermiştir. Toplamda öğrencilerin %75'i Bohr atom modeli gösterimi ile uyumlu olarak yörüngeleri belirgin düz daireler şeklinde göstermişlerdir.

Zihinsel modellerdeki atom çekirdeği gösterimi

Dokuzuncu ve onuncu sınıf öğrencilerinin %73'ü, 11. sınıf öğrencilerinin ise %67'si atom çekirdeğini dairesel olarak betimlemiştir. Tüm öğrencilere bakıldığında ise, öğrencilerin %76'sı atomun çekirdeğini dairesel olarak çizmiş ve %15'i artı yükle göstermişlerdir. Atom çekirdeğini gösteren öğrencilerin %31'i çekirdeğin içine hiç bir şey çizmezken, %40'ı element sembolünü yazmışlardır. Öğrencilerin %19'u proton sembolü olan 'p'yi yazarken, %18'i de artı '+' sembolüne çekirdeğin içerisinde yer vermişlerdir.

Zihinsel modellerdeki hareket gösterimi

Atom ile ilgili zihinsel modellerde, hiç bir dokuzuncu sınıf öğrencisi çizimlerinde hareket unsurlarına yer vermezken, onuncu ve 11. sınıflardan ise ikişer öğrenci hareketi betimlemiştir. Tüm öğrencilerin isesadece %4'ü çizimlerinde hareket unsurundan yararlanmışlardır. Bu öğrenciler, hareketi oklarla, sembollerle veya çizimlerinin yanına not olarak betimlemişlerdir. Şekil 5'de hareket unsurunun yer aldığı gösterimlere örnekler görülmektedir.



Şekil 5: (a) Bir 10. sınıf, (b), (c) 11. sınıf öğrencilerinin hareket unsuru içeren atom modeli gösterimleri

Zihinsel modellerin açıklamaları

Araştırmaya katılan öğrencilerin sadece %30'u çizimlerini açıklamışlardır. Bu öğrencilerin %47'sinin çizimleri ile açıklamaları birbirleriyle tutarlıdır. Diğer öğrencilerin %25'i açıklamalarına soruda yer almayan, izotop atom, ametal, metal, soy gaz, kararlı atom, oktet kuralı gibi ekstra bilgiler eklemişlerdir.

2. Aşama: Ders Kitaplarında Yer Alan Atom Modeli Gösterimleri

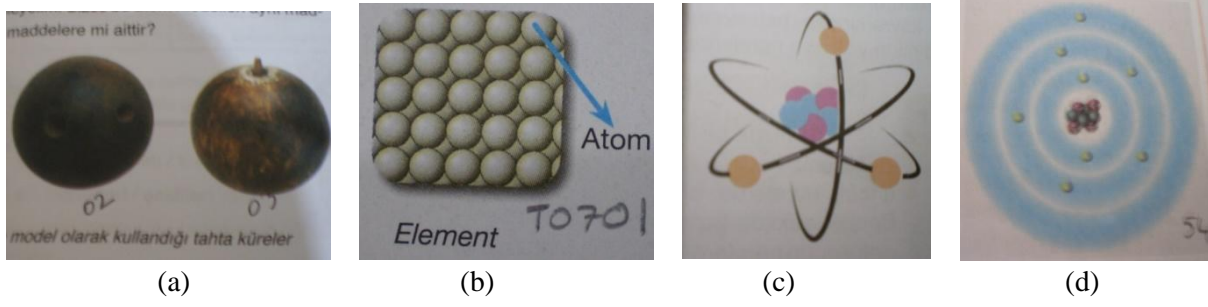
Ders kitaplarındaki atom modeli türü

Kitaplarda yer alan atom modeli gösterimleri bu modellerin türüne göre sınıflandırıldığında ise Tablo 3'de görüldüğü üzere altıncı, sekizinci ve onuncu sınıf ders kitaplarında Dalton atom modeli, yedinci ve dokuzuncu sınıf ders kitaplarında ise Bohr atom modeli en çok kullanılan görsel olduğu saptanmıştır.

Tablo 3. Ders Kitaplarında Bulunan Atom Modeli Türü Gösterim Sayı Ve Yüzdeleri.

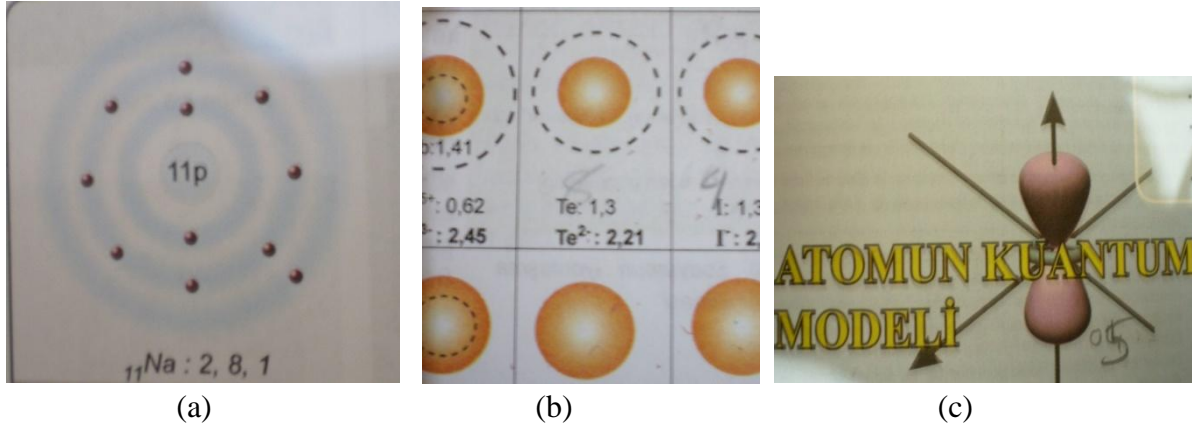
	Sınıf	N	Dalton Modeli	Thomson Modeli	Rutherford Modeli	Bohr Modeli	Kuantum Modeli	Lewis Modeli	Sentetik Model
Ders	6	88	%100	%0	%0	%0	%0	%0	%0
Kitap	7	87	%23	%2	%1	%72	%1	%0	%0
	8	72	%86	%0	%0	%14	%0	%0	%0
	9	145	%1	%0	%0	%41	%0	%54	%0
	10	115	%66	%2	%0	%3	%18	%10	%0
Toplam		507	%50	%1	%0	%27	%4	%18	%0

Farklı sınıf düzeylerindeki fen ve teknoloji ders kitaplarında yer alan atom modeli gösterimlerine örnekler Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 6: (a) 6. sınıf, (b) 7. sınıf fen ve teknoloji ders kitabında yer alan Dalton atom modeli gösterimi, (c) 7. sınıf fen ve teknoloji ders kitabında yer alan Rutherford atom modeli gösterimi, (d) 8. sınıf fen ve teknoloji ders kitabında yer alan Bohr atom modeli gösterimi

Lise dokuzuncu ve onuncu sınıf kimya ders kitaplarında yer alan gösterimlere birkaç örnek Şekil 7’de yer almaktadır.



Şekil 7: (a) 9. sınıf kimya ders kitabında yer alan Bohr atom modeli gösterimi, (b) 10. sınıf kimya ders kitabında yer alan Dalton, (c) Kuantum atom modeli gösterimleri.

Ders kitaplarındaki görsellerdeki atomaltı tanecikler

Toplam 507 görselden sadece yedinci sınıf ders kitabındaki dört görselde protonun yükü gösterilmiştir. Görsellerin %75’inde protonun yeribelirtmemiştir. Ayrıca tüm görsellerin %18’i, protonu ‘p’ sembolüyle gösterirken, %7’si daire şeklinde, %3’ü ise yazarak protonu belirtmiştir. Nötronlar, sadece 7. Sınıf ders kitabında yer alırken, tüm görsellerin %12’sini oluşturmaktadır. Bu görsellerin %7’si düz daire şeklinde iken %5’i ‘n’ sembolüyle nötronları belirtmiştir. Elektronlar görsellerin sadece %50’sinde gösterilirken, bu gösterimlerin %43’ü daire, %5’i ise bulut şeklindedir.

Ders kitaplarındaki görsellerde iyon yükü gösterimi

Tüm görsellerin %9’u iyon yükünü içermektedir. Sekizinci sınıf ders kitabındaki görsellerin %15’i, dokuzuncu sınıf ders kitabındaki görsellerin %17’si ve onuncu sınıf ders kitabındakilerin %9’u iyon yükünü gösterirken, altıncı ve yedinci sınıf ders kitaplarındaki görsellerde iyon yükü gösterilmemiştir.

Ders kitaplarındaki görsellerde yörünge gösterimi

Her sınıf seviyesindeki ders kitaplarında yörüngeler farklı şekillerde sunulmuşlardır. Altıncı sınıf ders kitabındaki görsellerde sadece Dalton atom modeli gösterimi verilmesi nedeniyle yörüngeler

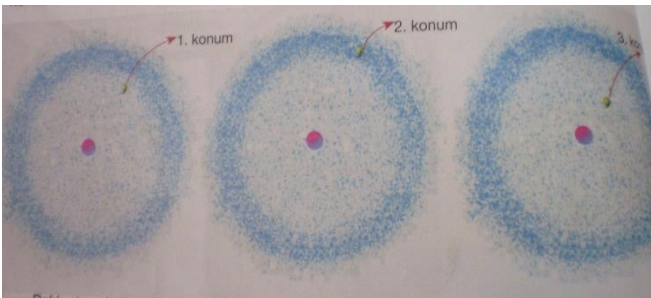
gösterilmemiştir. Yedinci sınıf ders kitabındaki görsellerin %63'u ve dokuzuncu sınıf ders kitabındakilerin %15'i yörüngeleri, bulut veya elektron bölgeleri şeklinde görselleştirmiştir. Sekizinci sınıf ders kitabındaki görsellerinden %14'ü, dokuzuncu sınıf ders kitabındakilerin %26'sı yörüngeleri düz belirgin daireler şeklinde göstermiştir. Onuncu sınıf ders kitabındaki görsellerin %29'u ise yörüngeleri s, p ve d yörünge şekilleri halinde görselleştirmiştir.

Ders kitaplarındaki görsellerde atom çekirdeği gösterimi

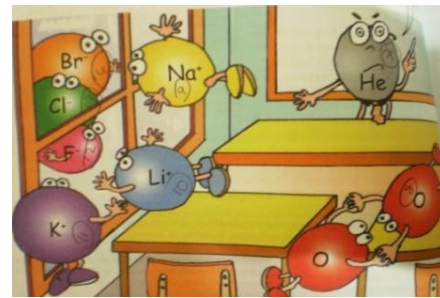
Atom çekirdeği görsellerin %49'unda gösterilmezken %26'sında çekirdekdüz bir yuvarlak %9'unda belirsiz bir şekilde,%18'inde ise elementin sembolüyle gösterilmiştir. Çekirdeğin içerik gösterimi her sınıf seviyesinde değişiklik göstermektedir. Altıncı sınıf ders kitabındaki görsellerde çekirdeğin içinde hiç bir şey gösterilmezken, yedinci sınıf ders kitabındakilerin %72'si çekirdeğin içinde 'p' ve 'n' sembolleri, sekizinci sınıf ders kitabındakilerin %15'inde ise elementin sembolü yerleştirilmiştir. Dokuzuncu sınıftaki görsellerin %46'sında çekirdeğin içinde sadece 'p' sembolü, %51'inde elementin sembolü yerleştirilmiştir. Onuncu sınıftaki ders kitaplarındaki görsellerin %28'i iyon çapı, %13'ünde ise element sembolü çekirdeğin içinde gösterilmiştir.

Ders kitaplarındaki görsellerde hareket gösterimi

Altıncı sınıf ders kitabındaki hiç bir görselde hareket belirtilmemiştir. Yedinci sınıf ders kitabındaki görsellerin üç tanesinde, biri oklarla olmak üzere hareket gösterilmiştir. Sekizinci sınıf ders kitabında ise görsellerin %42'si,bunların %28'i oklarla olmak üzere, hareket görselleştirilmiştir. Dokuzuncu sınıf ders kitaplarında ise hareket sadece dört görselde oklar ile betimlenmiştir. Onuncu sınıf ders kitabında ise görsellerinin %14'ünün hareket içerdiği; bunların %7'sinin oklarla geri kalanın ise hareket yazıyla belirtilmiştir. Sonuç olarak ders kitaplarındaki atom görsellerinin sadece %10'u hareketi göstermiştir. Şekil 8'de hareketi unsuru içeren yedinci ve sekizinci sınıf fen ve teknoloji ders kitaplarında yer alan görsellere örnekler görülmektedir. Şekil 8 (a)'da ardışık çizimler yöntemi ve yazı ile bulut gösterimi şeklinde verilen elektronların hareketlerinden dolayı farklı pozisyonlarda oldukları gösterilmektedir. Şekil 8 (b)'de ise karikatürize edilen bir gösterim ile pencerenin önünde duran negatif iyonların etkisiyle pencereye doğru çekilmekte olan pozitif iyonlar görülmektedir. Görsel, iyonların yerlerinde durmadığı hareketli olduklarına işaret etmektedir.



(a)



(b)

Şekil 8: (a) Yedinci, (b) sekizinci sınıf fen ve teknoloji ders kitaplarında yer alan ve hareket unsuru içeren atom modeli gösterimleri

Ders kitaplarındaki görsellerdeki açıklamalar

Ders kitaplarında yer alan görseller AGDA'da yer alan altı kriterin yanı sıra metindeki bilgiler ile uyumlu olup olmadıkları bakımından da incelenmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, tüm ders kitaplarındaki görsellerin %11'i çizimlerle tutarlı bir anlatım içermediği görülmüştür. Altıncı sınıf ders kitabındaki

görsellerin %24'ü, yedinci sınıf ders kitabındaki görsellerin %23'ü, sekizinci sınıf ders kitabındaki görsellerin %9'u ve onuncu sınıf ders kitaplarındaki görsellerin ise %8'ine ilişkin açıklamaların metinde bulunmadığı görülmüştür. Dokuzuncu sınıf ders kitabındaki görsellerin %92'si ve onuncu sınıf ders kitabındaki görsellerin %82'si açıklamalarla uyum göstermektedir.

3. Aşama: Öğrencilerin Zihinsel Modelleri Ve Kimya Ders Kitaplarında Yer Alan Atom Modeli Görsellerinin Karşılaştırılması

Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin zihinsel modelleri ile ders kitaplarındaki atom modeli görsellerinin karşılaştırılması

Dokuzuncu sınıftaki öğrencilerin zihinsel atom modelleri ile altıncı sınıftan dokuzuncu sınıfa kadar olan ders kitaplarındaki görselleri karşılaştırılmış ancak gösterimler arasında anlamlı derecede ($X^2(2): 95.29, p<0.01$) fark bulunmuştur. Tablo 4'de de görüldüğü üzere dokuzuncu sınıftaki öğrencilerin çok büyük çoğunluğu, %97'si, çizimlerinde Bohr atom modelini çizmiştir. Ders kitaplarındaki gösterimler incelendiğinde ise, Bohr atom modelinin yedinci sınıf ders kitabında %72 oranında, sekizinci sınıf ders kitabında %14, dokuzuncu sınıf ders kitabında %41, genelde ise %34 oranında yer almasına rağmen, zihinsel modeller ile anlamlı oranda farklılık ($p<0.01$) görülmüştür. Sekizinci sınıf ders kitabındaki görsellerin %83'u, ve 6.sınıftaki görsellerin tamamı, dokuzuncu sınıf ders kitabındaki görsellerin %4'u, tüm görsellere bakıldığında ise görsellerin %45'i Dalton atom modelini içermesine rağmen, dokuzuncu sınıfta hiç bir öğrenci çizimlerinde Dalton atom modelini göstermemiştir. Öte yandan, 9. sınıf kimya ders kitabındaki atom modeli gösterimlerinin %54'ü Lewis gösterimi olmasına rağmen hiç bir öğrenci Lewis gösterimini kullanmamıştır. Tablo 4'de dokuzuncu sınıftaki öğrencilerin çizimleri ile, altıncı, yedinci, sekizinci ve dokuzuncu sınıf ders kitaplarındaki görsellerin yüzdeleri verilmektedir.

Tablo 4. Ders Kitaplarında Bulunan Ve 9. Sınıf Öğrencilerinin Zihinsel Modellerindeki Atom Modeli Türü Gösterim Yüzdeleri.

	Sınıf	N	Dalton Modeli	Thomson Modeli	Rutherford Modeli	Bohr Modeli	Kuantum Modeli	Lewis Modeli	Sentetik Model
Ders Kitabı	6	88	%100	%0	%0	%0	%0	%0	%0
	7	87	%23	%2	%1	%72	%1	%0	%0
	8	72	%86	%0	%0	%14	%0	%0	%0
	9	145	%1	%0	%0	%41	%0	%54	%0
Toplam		392	%45	%1	%1	%34	1%	%20	%0
Öğrenci	9	30	0%	0%	0%	97%	0%	0%	3%

Onuncu sınıf öğrencilerinin zihinsel modelleri ile ders kitaplarındaki atom modeli görsellerinin karşılaştırılması

Tüm ders kitaplarında yer alan atom modeli gösterimleri ve onuncu sınıf öğrencilerin zihinsel modelleri karşılaştırıldığında ise gösterimler arasında anlamlı fark olduğu ($X^2(2): 40.99, p<0.01$) görülmüştür. Tablo 5'de görüldüğü üzere, onuncu sınıf ders kitaplarındaki görsellerin sadece %3'u Bohr atom modelini gösterirken, 10. sınıf öğrencilerin %77'si Bohr atom modelini çizmişlerdir. Öğrencilerin %10'u ise, kitapların hiç birinde bulunmayan, bir ya da bir kaç modeli birleştirerek zihinlerinde oluşturmuş oldukları sentetik modelleri çizimlerinde göstermişlerdir. Ayrıca 10.sınıf ders kitabında en fazla gösterilen (%64) Dalton atom modelini de hiç bir onuncu sınıf öğrencisi çizimlerinde göstermemiştir. Kuantum atom modeli gösterimi ise, 10.sınıf ders kitabında %18 oranında yer alırken öğrencilerin sadece %3'ü çizimlerinde bu

modeli göstermişlerdir. Bunlara ek olarak, 10. sınıf ders kitabında Rutherford atom modeli hiç bir görselde yer almamasına rağmen öğrencilerin %7'si çizimlerinde Rutherford modelini göstermişlerdir.

Tablo 5. Ders Kitaplarında Bulunan Ve 10. Sınıf Öğrencilerinin Zihinsel Modellerindeki Atom Modeli Türü Gösterim Yüzdeleri.

	Sınıf	N	Dalton Modeli	Thomson Modeli	Rutherford Modeli	Bohr Modeli	Kuantum Modeli	Lewis Modeli	Sentetik Model
Ders	6	88	%100	%0	%0	%0	%0	%0	%0
Kitabı	7	87	%23	%2	%1	%72	%1	%0	%0
	8	72	%86	%0	%0	%14	%0	%0	%0
	9	145	%1	%0	%0	%41	%0	%54	%0
	10	115	%66	%2	%0	%3	%18	%10	%0
	Toplam	507	%50	%1	%0	%27	%4	%18	%0
Öğrenci	10	30	%0	%3	%7	%77	%3	%0	%10

Onbirinci sınıf öğrencilerinin zihinsel modelleri ile ders kitaplarındaki atom modeli görsellerinin karşılaştırılması

2011-2012 öğretim yılında yürürlükte olan kimya öğretim programına göre atomun yapısı ve atom modellerini içeren üniteler onuncu sınıfta son bulmaktadır. Başka bir deyişle, 11. sınıf ders kitapları atom veya atom modelleriyle ilgili hiç bir görsel içermemektedir. Ancak, öğrencilerin daha önceki yıllarda gördükleri ders kitaplarından etkilenmiş olabilecekleri düşünülerek, 11. sınıf öğrencilerinin atom konusundaki zihinsel modelleri 6-10. sınıf ders kitaplarında yer alan atom modeli görselleri ile karşılaştırılmış ve anlamlı ölçüde fark ($X^2(2): 40.38, p<0.01$) bulunmuştur. 11. sınıf öğrencilerinin zihinsel modelleri incelendiğinde, öğrencilerin %60'ının Bohr atom modelini çizdiği görülmektedir. Bohr atom modeli yedinci sınıf ders kitabında %72 ve dokuzuncu sınıf ders kitabında %41, genelde ise %27 oranında görselleştirilmektedir. Ancak, sadece yedinci sınıf ders kitabında bir kere görselleştirilen Rutherford atom modeli, 11.sınıf öğrencilerinin %18'inin zihinsel modelinde yer almıştır. Ayrıca, 11.sınıf öğrencilerinin %20'si de herhangi bir atom modelini tam olarak yansıtmayan sentetik modellere çizimlerinde yer vermişlerdir. Ders kitapları ve öğrencilerin yüzdeleri karşılaştırma dağılımları aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Ders Kitaplarında Bulunan Ve 11. Sınıf Öğrencilerinin Zihinsel Modellerindeki Atom Modeli Türü Gösterim Yüzdeleri.

	Sınıf	N	Dalton Modeli	Thomson Modeli	Rutherford Modeli	Bohr Modeli	Kuantum Modeli	Lewis Modeli	Sentetik Model
Ders	6	88	%100	%0	%0	%0	%0	%0	%0
Kitabı	7	87	%23	%2	%1	%72	%1	%0	%0
	8	72	%86	%0	%0	%14	%0	%0	%0
	9	145	%1	%0	%0	%41	%0	%54	%0
	10	115	%66	%2	%0	%3	%18	%10	%0
	Toplam	507	%50	%1	%0	%27	%4	%18	%0
Öğrenci	11	30	%0	%0	%20	%18	%0	%0	%20

Buna bağlı olarak, 9., 10. ve 11. sınıf öğrencilerinin atom konusundaki zihinsel modellerinin o sınıf seviyesine kadar ders kitaplarında görmüş oldukları gösterimler ile ne ölçüde uyumlu olduklarını belirlemek

üzere öğrenciler tarafından tercih edilen ve ders kitaplarında en sık rastlanan 3 tür gösterim Ki-kare istatistiksel yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Öğrencilerin atom ile ilgili zihinsel modellerinin ders kitaplarındaki görseller ile karşılaştırılmasına ilişkin Ki-kare testi sonuçları.

Sınıf	Gösterim türü	Öğrenci çizimi (%)	Ders kitabı gösterimi (%)	Sd	X ²	p
9	Bohr	%97	%34	2	95.29	.000
	Dalton	%0	%45			
	Lewis	%0	%20			
10	Bohr	%77	%27	2	40.99	.000
	Rutherford	%7	%0			
	Kuantum	%0	%18			
11	Bohr	%18	%27	2	40.38	.000
	Rutherford	%20	%0			
	Kuantum	%0	%18			

(Sd: Serbestlik derecesi, X²: Ki-kare değeri, p: anlamlılık düzeyi)

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Araştırmanın ilk bölümünde, sınıf düzeyinde öğrencilerin zihinsel modellerinin özellikleri belirlenmiştir. Öğrencilerin zihinsel modellerinin ortaya çıkarmada etkili olduğu düşünülen (Özmen, 2005) çizim yöntemine başvurulmuş, ancak çizimlerin sınırlılıkları göz önünde bulundurularak öğrencilerin ayrıca açıklama yapmalarına da fırsat verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, zihinsel modellerde ortaya çıkan atom modeli türünün tüm sınıf düzeylerinde en baskın olarak Bohr atom modeli olduğu görülmüştür. Sınıf düzeyi ilerledikçe, Bohr atom modeli gösterimini kullanan öğrenci yüzdesi azalmış olsa da öğrenciler bu gösterimi tamamen bırakmamıştır. Bunun nedeni, öğrenciler yeni Kuantum atom modelini öğrenmiş olsalar da, hala ortaokul yıllarında ilk öğrendikleri modelin etkisinde oldukları söylenebilir. Benzer bir durum daha önce yapılmış araştırmalarda da ortaya çıkmıştır (Cokelez, 2012; Nakiboğlu, 2003; Özgür ve Bostan, 2007; Tsaparlis ve Papaphotis, 2009). Tsaparlis ve Papaphotis (2009) öğrencilerin atom konusundaki zihinsel modellerinde çok yoğun olarak güneş sistemi benzeri Bohr atom modeli gösterimlerine rastlanmasını, Bohr atom modelinin öğretim programlarında ve ders kitaplarında yer alıyor olmasından kaynaklanıyor olabileceğini öne sürmektedirler. Bu noktadan hareketle, bu araştırma, lise öğrencilerinin sahip olduğu zihinsel modellerin kaynağının ders kitapları olmuş olabileceğini de sorgulamaktadır. Bu nedenle, ders kitabı yazarlarının ortaokul ve lise ders kitaplarına dahil ettikleri atom modeli gösterimlerini seçerken çok titiz davranmaları gerekmektedir. Ders kitaplarında yer alan atom modeli görsellerinin tek tür olmasından kaçınılması ve gösterimlerin öğretim programındaki konu ağırlığı ile orantılı olmasına dikkat edilmesi önerilebilir. Örneğin, Bohr atom modeli gösterimine sadece tarihsel çerçevede içerisinde yer verilebilir. Atomun yapısı konusunda kullanılan görseller ise sınıf seviyesine uygun olacak şekilde Kuantum atom modeline göre hazırlanabilir.

Zihinsel model analizlerinde ortaya çıkan diğer önemli bir sonuç da öğrencilerin birden fazla atom modelinin özelliklerini birleştirerek kendi *sentetik modellerini* ortaya koymuş olmalarıdır. Sınıf seviyesi ilerledikçe, sentetik model gösterimini kullanan öğrencilerin yüzdesi de artmaktadır. Taber’a (2003) göre zihinsel modeller fen eğitimi sırasında gelişir ve değişir; sentetik modellerin oluşmuş olması öğrencilerin atom ile ilgili yeni bilgiler öğrendikçe, Bohr atom modeli gösteriminden uzaklaşarak zihinsel modellerinin farklılaşması da bu değişimin (Stafylidou ve Vosniadou, 2004) bir sonucu olarak görülebilir.

Atomun yapısı düşünüldüğünde elektronların hareket halinde olan tanecikler olduğu göz ardı edilemez. Ancak, tüm öğrencilerin sadece %4’ü çizim ya da anlatımlarında hareket unsurlarına yer vermişlerdir. Her ne

kadar 2-boyutlu çizim ile hareketin betimlenmesi zor olsa da öğrencilerin anlatım ya da anahtar kullanarak da harekete değinmemiş olmaları dikkat çekicidir. Bu durum, öğrencilerin çoğunlukla durağan görseller görmüş olmalarından; hareketli gösterimlerin (animasyon, simülasyon, video vb.) kimya öğreniminde fazla kullanılmamış olmasından kaynaklanıyor olabilir. Öte yandan, kağıt-kalem ile yapılan çizim ve anlatımların da hareket unsurlarını ortaya çıkarmakta yeterince etkili olmadığı da söylenebilir. Bu nedenle, öğrencilerin hareketli unsurları daha kolay gösterebilecekleri animasyon-oluşturma yazılımlarını kullanarak animasyon oluşturmaları (Akaygun, 2016) da önerilebilir. Böylece, öğrenciler bu yazılımlar sayesinde oluşturdukları animasyonlarda elektronların hareketlerini de göstererek atomun yapısını daha iyi betimleyebileceklerdir.

Araştırmanın ikinci bölümünde hem öğretmenlerin (Sánchez ve Valcárcel, 1999), hem de öğrencilerin (Chiappetta ve Fillman, 2007; Nakiboğlu, 2009) hayatında önemli yer tutmakta olan ders kitaplarında yer alan atom ile ilgili görseller analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre ders kitaplarında üç tür atom modeli türünün daha sık kullanıldığı gözlenmiştir. Bu gösterimler, altıncı, sekizinci ve onuncu sınıflarda Dalton atom modeli, yedinci ve dokuzuncu sınıflarda Bohr atom modeli ve yine dokuzuncu sınıfta Lewis atom gösterimidir. Ders kitaplarının içerisinde yer alan görsel öğeler özellikle gözle görülemeyen kavramların daha iyi anlaşılması amacıyla kullanılmakta olduğu (Kress ve van Leeuwen, 1996) bilinmektedir. Ancak, ders kitaplarında öğrencilerin atomun yapısını zihinlerinde daha iyi canlandırmalarını sağlayacak gösterimlere daha sık yer verilebilir. Bu noktada, öğretmenlerin atom modelleri konusunda, sadece ders kitaplarında yer alan gösterimler ile sınırlı kalmayıp, 3-boyutlu gösterimler, artırılmış gerçeklik, animasyon ve simülasyon gibi dijital ortam ve araçlara başvurmaları önerilebilir.

Çalışmanın son bölümünde, öğrencilerin zihinsel modelleri ve ders kitaplarındaki atom modeli gösterimleri karşılaştırıldığında tüm sınıf seviyeleri için anlamlı fark ($p=0.000$) bulunmuş olması bu gösterimlerin birbiri ile tam olarak örtüşmediğini göstermiştir. Bunun nedeni öğrencilerin kitaplardan daha fazla oranda Bohr atom modeli gösterimini tercih etmelerinden ve kendi sentetik modellerini yaratmış olmalarından kaynaklanmış olabilir. Atom konusu öğrenciler için gözde canlandırması o kadar zorlayıcı olmasına (Harrison ve Treagust, 1996) rağmen kimya eğitiminin de temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle, öğrencilerin bu konuyu kavramalarına yardımcı olacak görsellerin önemi artmaktadır (Tezcan ve Çelik, 2009). Sonuç olarak, gerek ders kitaplarında kullanılan görsellerde gerekse öğretmenlerin seçerek sınıflarında kullandıkları gösterimlerde atomu en iyi canlandıracak olanlara seçilmeli ve atom modellerinin tarihsel süreç içerisinde nasıl ve neden değiştiğine vurgu yapılmalıdır.

Araştırmanın sınırlılıkları arasında çalışmaya katılan öğrencilerin sayısı, örneklemin seçildiği bölge, seçilen ders kitaplarının sayısı sıralanabilir. Çalışmanın, Türkiye'nin farklı bölgelerinden daha fazla öğrenci ve farklı ders kitapları ile tekrar edilmesi bulguları güçlendirirken genelleme yapılmasına da olanak vereceği düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma 2011-2012 öğretim yılında yürürlükte olan öğretim programı kapsamında yürütülmüştür. Her ne kadar atom konusu 2013 yılında güncellenen fen bilimleri ve kimya öğretim programlarında yer alsada, programdaki sıralamanın ve okutulan ders kitaplarının farklı olması nedeniyle, çalışma tekrar edilerek bulguların bu araştırmadaki bulgular ile karşılaştırılması önerilebilir.

Kaynakça

- Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 788-807.
- Akyol D. (2009). *Fen alanında öğrenim gören üniversite öğrencilerinin zihinlerindeki atom modellerinin incelenmesi*, (yayınlanmamış yüksek lisans tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Baki, A. & Gökçek, T. (2012). Karma yöntem araştırmalarına genel bir bakış. *Electronic Journal of Social Sciences*, 11(42), 1-21.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B. ve Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64–66.
- Chiappetta, E. L., ve Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1847-1868.
- Cohen, L., Manion, L., ve Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. Milton Park. Abingdon, England: Routledge.
- Cokelez, A., (2012), Junior High School Students' Ideas about the Shape and Size of the Atom, *Research in Science Education*, 42, 673–686.
- Craik, K. (1943). *The nature of explanation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eroğlu, S., Akarsu, B., ve Bektaş, O. (2015). Kimya Ders Kitaplarının Öğretmen Görüşleri Açısından Değerlendirilmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 16(2), 313-333.
- Gilbert, J. K. (1997). *Exploring models and modeling in science education and technology education*. Reading, UK: The University of Reading.
- Gay, L.R., Mills, G.E. ve Airasian, P.W. (2014). *Educational research: Competencies for analysis and applications*. Edinburgh Gate, England: Pearson.
- Harrison, A. G. ve Treagust D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry, *Science Education*, 80, 509-534.
- Johnston, K. (1990). Students' responses to the active learning approach to teaching the particulate theory of matter. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. de Vos, and A. J. Waarlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp.247-265). Utrecht, The Netherlands: Centre for Science and Mathematics Education.
- Kabapınar, F. (2003). Oluşturmacı anlayışı yansıtması açısından Türk ve İngiliz fen bilgisi ve kimya ders kitaplarındaki görsel öğeler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(25).
- Kapıcı, H. Ö., ve Savaşçı-Açıkalm, F. (2015). Examination of visuals about the particulate nature of matter in Turkish middle school science textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 518-536.
- Karagöz, Ö. ve Arslan, A. S. (2012). İlköğretim öğrencilerinin atomun yapısına ilişkin zihinsel modellerinin analizi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9(1), 132-142.
- Kress, G. R. ve Van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*, Oxfordshire: Psychology Press.
- MEB (Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı). (2008). İlköğretim fen ve teknoloji dersi; 6-8. sınıflar öğretim programı. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı.
- MEB (Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı). (2013). İlköğretim kurumları (ilkokullar ve ortaokullar) fen bilimleri dersi (3-8. Sınıflar) ve kimya dersi (9-12. Sınıflar) öğretim programı.
- Morgil, F. İ. ve Yılmaz, A. (1999). Lise X. sınıf, kimya II ders kitaplarının öğretmen ve öğrenci görüşleri açısından değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 26-41.
- Nakiboglu, C. (2003). Instructional misconceptions of Turkish prospective chemistry teachers about atomic orbitals and hybridization. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(2), 171-188.
- Nakiboğlu, C. (2009). Deneyimli kimya öğretmenlerinin ortaöğretim kimya ders kitaplarını kullanımlarının incelenmesi, *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 10(1), 1–10.
- Nyachwaya J. M. and Wood N. B., (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks, *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 720–728.
- Osborne, R. J. ve Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825–838.
- Özay, E. ve Hasenekoğlu, İ. (2007). Lise–3 biyoloji ders kitaplarındaki görsel sunumda gözlemlenen bazı

- sorunlar [Some problems in visual presentation of Biology-3 textbooks]. *Journal of Turkish Science Education*, 4(1), 80–91.
- Özgür, S. ve Bostan, A. (2007). Atom kavramının epistemolojik analizi ve öğrencilerin konu ile ilgili kavram yanılgılarının karşılaştırılması. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 2(3).
- Özmen, H. (2005). Kimya Öğretiminde Yanlış Kavramalar: Bir Literatür Araştırması. *Gazi Üniversitesi Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(19), 23-45.
- Papageorgiou, G., Angelos, M., ve Zarkadis, N. (2016). Students' representations of the atomic structure – the effect of some individual differences in particular task contexts. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 209-219.
- Reid, D. (1990). The role of pictures in learning biology: Part 2, picture-text processing. *Journal of Biological Education*, 24(4), 251-258
- Sánchez, G., ve Valcarcel, M. V. (1999). Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 493.
- Taber, K.S. (2003). Mediating mental models of metals: Acknowledging the priority of the learner's prior learning. *Science Education*, 87, 732-758.
- Tezcan, H. ve Çelik, T. (2009). Kimya öğretmen adaylarının atomla ilgili bazı kavramları anlama derecelerinin belirlenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(1), 49-67.
- Tsaparlis, G., ve Papaphotis, G. (2009). High- school students' conceptual difficulties and attempts at conceptual change: The case of basic quantum chemical concepts. *International Journal of Science Education*, 31(7), 895-930.
- Uzuntiryaki, E. ve Boz, Y. (2006). Öğretmen adaylarının ders kitabı kullanımıyla ilgili görüşleri. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 212-220.

Extended Abstract

Purpose

Atomic models have been challenging for many students. Thus, various tools, models, representations, including textbook visualizations have been used by chemistry teachers. Students' mental models of atom have been found to be aligned with the historical development of atomic models. One of the reasons for this similarity could be the textbook representations because students have been exposed to these visualizations since middle school where they first start learning about the atomic theory. Therefore, this study aimed first, to elicit grade 9, 10, 11 students' mental models of atom; identify the characteristics of visualizations used in middle school science and high school chemistry textbooks when teaching atom; and finally, to compare them with the textbook visualizations that they had probably seen in their previous years.

Method

This study was composed of three main parts: First part included to elicit 9th, 10th, and 11th grade students' mental models of atom. Second part was composed of determining the features of visualizations found in middle school science and high school chemistry textbooks. The last part was compromised of comparing the features of students' mental models of atom with the ones existed in science and chemistry textbooks. The design of the study was exploratory study which aimed to explore the type and characteristics of data by describing, analyzing and comparing. A total of ninety students were conveniently selected from three different high schools with similar characteristics. Thirty students from each grade level participated in the study which was conducted in the academic year of 2011-2012. The textbooks investigated in the study were the ones approved by the Ministry of Education and were being used in 6th, 7th, 8th grade science and technology classes, as well as 9th and 10th grade chemistry classes. All the selected textbooks included

visualizations of the structure of atom because the concept of atom was included in all the grade levels. The chemistry curriculum which had been under implementation did not include the unit of Atomic Theory, the 11th grade chemistry textbook did not include any visualization of atom; therefore 11th grade chemistry textbook was excluded. In order to elicit mental models of students, Mental Models Test of Atom (MMTA) which includes 4 open-ended questions was administered. The questions in MMTA asked to draw and explain the structures of Sodium and Neon atoms. Mental models of students, represented by drawings and a total of 507 the visualizations found in science textbooks of grade 6, 7, 8, ,9 and 10 were first evaluated with the Atomic Model Evaluation Rubric (AMER) and then compared with each other by using Chi-square analysis. Both the MMTA and AMER were developed by the researchers by taking the previous studies into consideration and then validated by three experts. ; two chemistry professors and one high school teacher. AMER included five criteria including *representation of atomic model*, *subatomic particles*, *representation of orbitals*, *representation of ions*, *representation of nucleus*, and *representation of motion*. In order to confirm the reliability of MMTA and AMER, 20% of the students' drawings and textbook representations were coded by a high school chemistry teacher and a %96 agreement was obtained.

Results

1. Students' mental models of atom

For each grade level, students' mental models were coded and analyzed according to the six criteria found in AMER. For the the *representation of atomic model*, it was observed that 97% of the 9th grade, 77% of the 10th grade and 60% of the 11th grade students used Bohr's atomic model representation. In addition 10% of the 10th and 20% of the 11th grade students generated their own synthetic models which include the characteristics of more than one type of atomic model. For the *subatomic particles*, the majority of all the students showed the proton (42%) and the electrons (94%), but very few (13%) showed neutrons in their representaiton. The *representation of the orbitals*, was consistent with the representation of atomic models. Specifically, 92% of the 9th grades, 73% of the 10th graders, and 60% of the 11th graders drew circular orbits, just like the Bohr atomic model. As for the the *representation of nucleus*, 73% of both 9th and 10th grades, and 67% of the 11th graders showed nucleus as circular. Finally, the *representation of motion*, was shown only by 4% of the students.

2. Textbook visualizations of atom

The visualizations displayed in science and chemistry textbooks were also evaluated according to the six criteria exited in AMER. For the *representation of atomic model*, Dalton and Bohr atomic models were the two most common types. Specifially, all (100%) the visualizaiton in 6th grade, 86% of the ones in 8th grade science and technology textbook, and 66% of the ones found in 10th grade chemistry textbook were on Dalton's atomic model; whereas 72% of the visualizations existed in 7th grade and 54% of those in 9th grade textbook represented Bohr atomic model. Quantum atomic model was given only as 18% of the visulas in 10th grade chemistry textbook. For the, *representation of subatomic particles*, proton, neutron and electron were shown in 25%, 12% and 49% of the visualizations, respectively. For the *representation of orbitals*, no orbitals were shown in the visuals found in 6th grade textbook, because all the visualzations showed Dalton atomic model. The analysis of, *representation of nucleus*, revealed that 49% of the representations included a circular nucleus. Only the 9% of them *represented ion*, and finally, *representation of motion*, was only observed in the 10% of all the visualizations, either by an arrow, or by sequential drawings.

3. The comparison of students' mental models of atom with textbook visualizations

The results of the analysis showed that no significant consistency ($p=0.000$) was found between the mental models of students and the textbook visualizations for all grade levels.

Discussion, Conclusion and Suggestions

The results of the analysis showed that Bohr atomic model was found to be the most dominant representation amongst students, even though the percent of students who showed Bohr model decreases as grade level increases. In addition, they created their synthetic representations, that may indicate they had an attempt to change their mental models after learning advanced (Quantum) atomic models. Finally, very few students included dynamic features in their representations. In conclusion, atom is a difficult phenomenon to visualize, therefore careful selection and use of visualizations representing atom can be suggested. It might be helpful if teachers use different types of visualizations including dynamic ones.